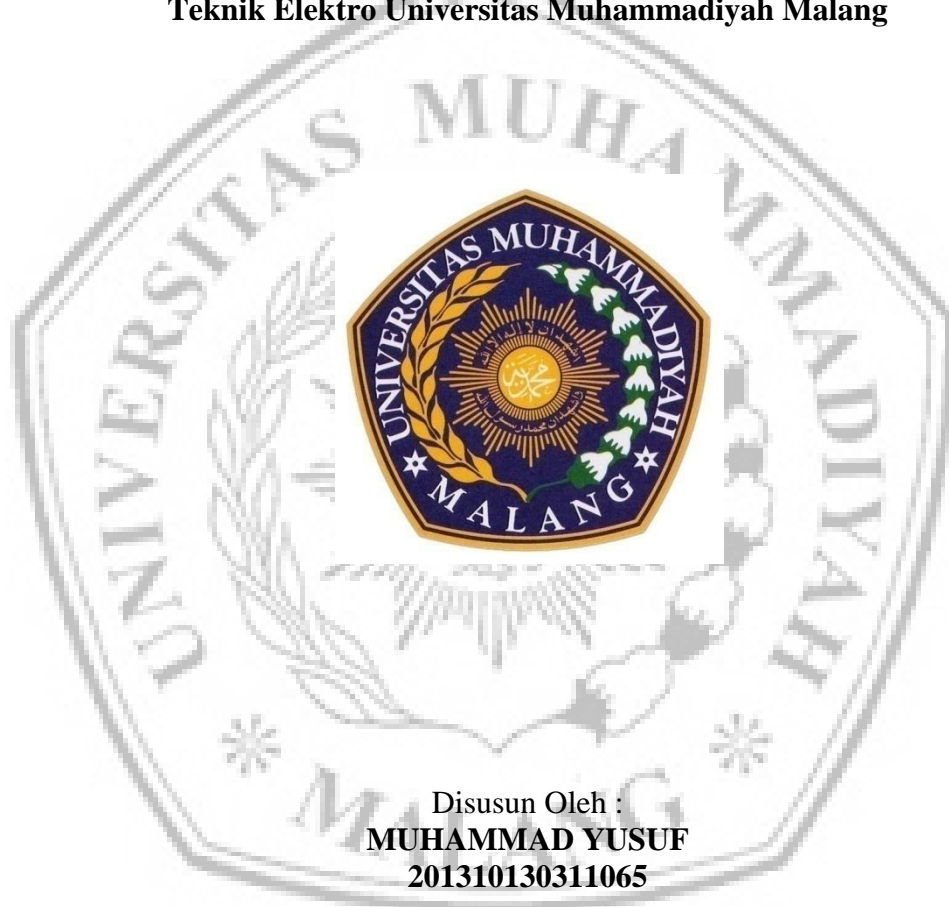


**PENINGKATAN EFISIENSI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* (MPPT) MENGGUNAKAN ALGORITMA *GREY WOLF OPTIMIZATION* (GWO) PADA SISTEM *PHOTOVOLTAIC* (PV)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi  
Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana Strata 1  
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang**



Disusun Oleh :  
**MUHAMMAD YUSUF**  
**201310130311065**

**JURUSAN ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG  
2018**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### **PENINGKATAN EFISIENSI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* (MPPT) MENGGUNAKAN ALGORITMA *GREY WOLF OPTIMIZATION* (GWO) PADA SISTEM *PHOTOVOLTAIC* (PV)**


Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)  
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang



Disusun Oleh:  
**MUHAMMAD YUSUF**  
**201310130311065**

Diperiksa dan disetujui oleh:

**Pembimbing I**

  
Machmud Effendy, S.T., M.Eng.

NIDN: 0715067402

**Pembimbing II**

  
Ir. Nur Alif Mardiyah, M.T.

NIDN: 0718036502

**PENINGKATAN EFISIENSI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* (MPPT) MENGGUNAKAN ALGORITMA *GREY WOLF OPTIMIZATION* (GWO) PADA SISTEM *PHOTOVOLTAIC* (PV)**

Tugas Akhir ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana  
(S1) Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Oleh:


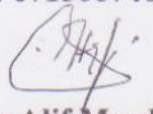

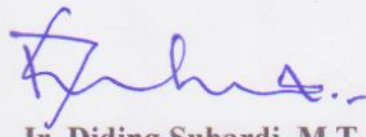


**MUHAMMAD YUSUF**

**201310130311065**

Tanggal Ujian : 22 Januari 2018

Tanggal Wisuda : 24 Februari 2018

Disetujui Oleh :

 1. <u>Machmud Effendy, S.T., M.Eng.</u> NIDN: 0715067402	(Pembimbing 1)
 2. <u>Ir. Nur Alif Mardiyah, M.T.</u> NIDN: 0718036502	(Pembimbing II)
 3. <u>Ir. Nurhadi, M.T.</u> NIDN: 0731126202	(Penguji I)
 4. <u>Ir. Diding Suhardi, M.T.</u> NIDN: 0706066501	(Penguji II)
<p>Mengetahui,</p> <p> Ketua Jurusan Teknik Elektro</p> <p> Ir. Nur Alif Mardiyah, M.T. NIDN: 0718036502</p>	

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

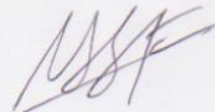
Nama : **MUHAMMAD YUSUF**  
Tempat/Tgl. Lahir : **TANJUNG REDEB / 21 APRIL 1995**  
NIM : **201310130311065**  
Fakultas/Jurusan : **TEKNIK/TEKNIK ELEKTRO**

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “PENINGKATAN EFISIENSI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* (MPPT) MENGGUNAKAN ALGORITMA *GREY WOLF OPTIMIZATION* (GWO) PADA SISTEM *PHOTOVOLTAIC* (PV)” beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku.

Malang, 31 Januari 2018


Yang membuat pernyataan,



**MUHAMMAD YUSUF**

Mangetahui,

**Pembimbing I**



Machmud Effendy, S.T., M.Eng.

**NIDN: 0715067402**

**Pembimbing II**



Ir. Nur Alif Mardiyah, M.T.

**NIDN: 0718036502**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat, kekuatan, taufik serta hidayah-Nya. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Rasulullah SAW, keluarga sahabat dan para pengikut setianya, Amin. Atas kehendak Allah sajalah, penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul :

**“PENINGKATAN EFISIENSI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* (MPPT) MENGGUNAKAN ALGORITMA *GREY WOLF OPTIMIZATION* (GWO) PADA SISTEM *PHOTOVOLTAIC* (PV)”**

Pembuatan Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) di Universitas Muhammadiyah Malang. Selain itu penulis berharap agar proyek akhir ini dapat menambah kepustakaan dan dapat memberikan manfaat bagi semuanya.

Akhir kata semoga buku ini dapat bermanfaat di masa sekarang dan masa mendatang. Sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan, maka penulis mohon maaf apabila ada kekeliruan baik yang sengaja maupun yang tidak sengaja.

Malang, 31 Januari 2018

Penulis

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan kakak adik saya yang telah banyak memberikan do'a dan dukungan.
2. Dekan Fakultas Teknik dan keluarga (FT) Bapak Dr. Ahmad Mubin, M.T. serta para Pembantu Dekan Fakultas Teknik dan keluarga besar Universitas Muhammadiyah Malang.
3. Ketua Jurusan Teknik Elektro Ibu Ir. Nur Alif Mardiyah, M.T. dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Bapak Machmud Efendi, S.T., M.Eng. beserta seluruh stafnya.
4. Bapak Machmud Effendy, S.T., M.Eng. dan bapak Ilham Pakaya, S.T. yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
5. Seluruh civitas akademika (dosen, asisten, dan karyawan) Universitas Muhammadiyah Malang yang telah membekali ilmu dan membantu penulis selama proses studi.
6. Sahabat dari berbagai penjurur dan teman-teman Elektro 2013/B yang berjuang mencari ilmu di UMM.
7. Dan yang terakhir, semuanya yang telah membantu penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya atas segala kebaikan dan semoga kita semua selalu dalam lindungan serta tuntunan-Nya.

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Photovoltaic.....	5
2.1.1 Faktor yang mempengaruhi <i>photovoltaic</i> (PV).....	5
2.1.1.1 Radiasi Matahari .....	5
2.1.1.2 Temperatur Modul Surya .....	6
2.2 Buck Converter .....	7
2.2.1 Shoft - Switching .....	8
2.3 Maximum Power Point Tracking (MPPT) .....	9
2.3.1 Incremental Conductance (IC) .....	10
2.3.2 Gray Wolf Optimization (GWO) .....	10
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN.....	12
3.1 Perancangan <i>Photovoltaic</i> .....	12

3.1.1 Pengambilan Data .....	14
3.1.2 Pemodelan Sistem Solar Cell .....	14
3.2 Perancangan DC - DC Converter .....	18
3.2.1 Perancangan Buck Converter .....	18
3.2.2 Perancangan Soft Switching Buck Converter .....	22
3.3 Perancangan Maximum Power Point Tracking (MPPT).....	24
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS .....	25
4.1 Pengujian Karakteristik <i>Photovoltaic</i> (PV).....	25
4.1.1 Pengujian Karakteristik PV Pada Beberapa Kondisi .....	25
4.1.2 Hasil dan Analisis.....	26
4.2 Pengujian Converter.....	29
4.2.1 Pengujian Converter yang Digunakan .....	29
4.2.2 Hasil dan Analisis.....	30
4.3 Pengujian <i>Maximum Power Point Tracking</i> (MPPT) .....	31
4.3.1 Pengujian MPPT pada PV .....	31
4.3.2 Hasil dan Analisa .....	32
4.3.2.1 Hasil dan Analisis Performa MPPT .....	32
4.3.2.2 Hasil dan Analisa I-V-P Performa MPPT .....	40
BAB V PENUTUP .....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	46

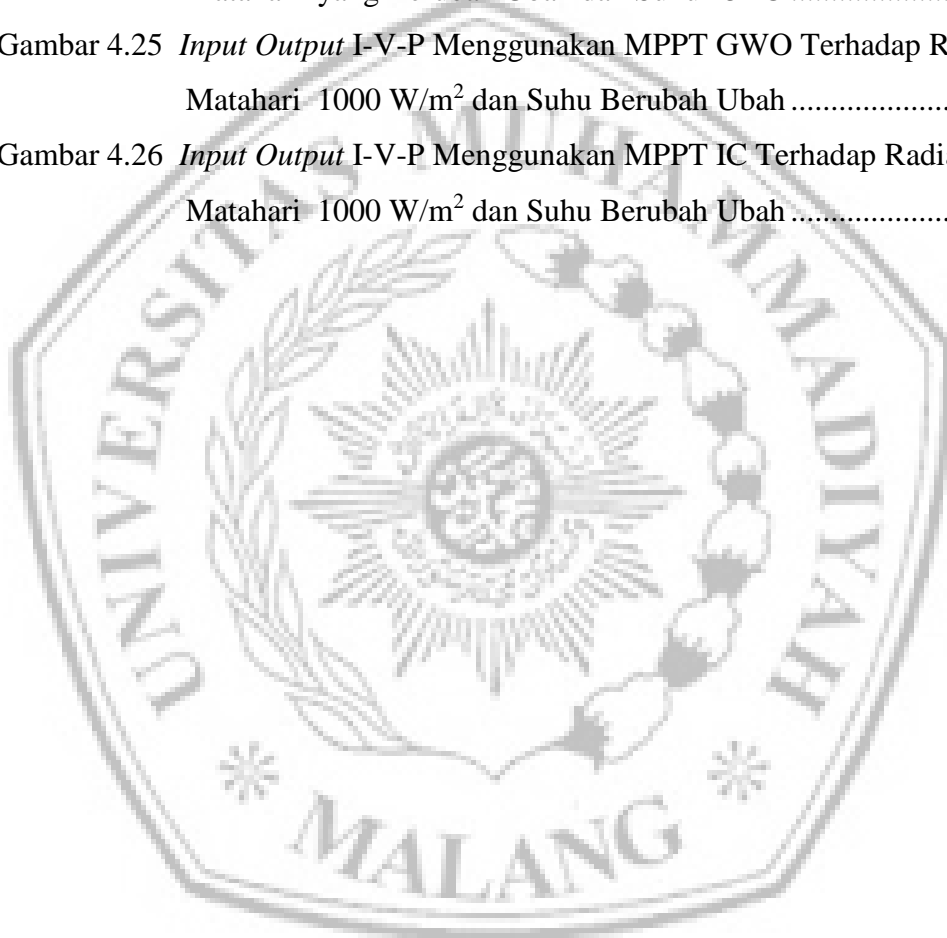


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rangkaian Pengganti <i>Photovoltaic</i> .....	5
Gambar 2.3	Kurva I-V Dipengaruhi Oleh Intensitas Radiasi Matahari .....	6
Gambar 2.3	Kurva P-V Berdasarkan Intensitas Suhu Disekitar Modul Surya .....	7
Gambar 2.4	Rangkaian <i>Buck Converter</i> .....	7
Gambar 2.5	Rangkaian resonant circuit seri LC .....	9
Gambar 2.6	Rangkaian Resonant Circuit L dengan C dan Parallel Beban .....	9
Gambar 2.7	Rangkaian Resonant Circuit Parallel LC .....	9
Gambar 2.8	Kurva I-V dan $P_{mpp}$ pada PV .....	10
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem .....	12
Gambar 3.2	Rangkaian Pengganti <i>Photovoltaic</i> .....	13
Gambar 3.3	Pemodelan $I_{ph}$ .....	15
Gambar 3.4	Pemodelan $I_{rs}$ .....	15
Gambar 3.5	Pemodelan $I_s$ .....	16
Gambar 3.6	Pemodelan $I_{pv}$ .....	16
Gambar 3.7	Pemodelan antara <i>Subsystem</i> .....	17
Gambar 3.8	Blok <i>simulink solar cell</i> Dengan Beban.....	17
Gambar 3.9	Rangkaian <i>Buck Converter</i> .....	18
Gambar 3.10	Contoh Gambar <i>Duty Cycle</i> .....	19
Gambar 3.11	Desain <i>soft - switching buck converter</i> .....	22
Gambar 3.12	Flowchart <i>Gray Wolf Optimization (GWO)</i> .....	24
Gambar 4.1	Kurva I-V dan P-V Pada Suhu 25 °C dan Radiasi Matahari 1000 W/m .....	26
Gambar 4.2	Kurva I-V Pada Suhu Tetap dan Radiasi Matahari Berubah Ubah.....	26
Gambar 4.3	Kurva P-V Pada Suhu Tetap dan Radiasi Matahari Berubah Ubah.... .....	27
Gambar 4.4	Kurva I-V Pada Radiasi Matahari Tetap dan Suhu Berubah Ubah.....	28
Gambar 4.5	Kurva P-V Pada Radiasi Matahari Tetap dan Suhu Berubah Ubah.... .....	28
Gambar 4.6	Kurva I-V dan P-V Pada Kondisi <i>Partial Shading</i> .....	29

Gambar 4.7	Keluaran Arus dan Tegangan Pada MOSFET Menggunakan <i>Soft Switching Buck Converter</i> .....	30
Gambar 4.8	Keluaran Arus dan Tegangan Pada Mosfet Menggunakan <i>Buck Converter</i> .....	30
Gambar 4.9	<i>Output</i> Daya Menggunakan MPPT GWO Terhadap Suhu 25°C dan Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> .....	32
Gambar 4.10	<i>Output</i> Daya Menggunakan MPPT IC Terhadap Suhu 25°C dan Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> .....	32
Gambar 4.11	Grafik <i>Trajectory Duty Cycle</i> MPPT Yang Menggunakan Algoritma GWO Suhu 25°C dan Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> ...	33
Gambar 4.12	Grafik <i>Trajectory Duty Cycle</i> MPPT Yang Menggunakan Algoritma IC Suhu 25°C dan Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> .....	34
Gambar 4.13	<i>Output</i> Daya Menggunakan MPPT GWO Terhadap Suhu 25°C dan Radiasi Matahari yang Berubah Ubah.....	34
Gambar 4.14	<i>Output</i> Daya Menggunakan MPPT IC Terhadap Suhu 25°C dan Radiasi Matahari yang Berubah Ubah.....	35
Gambar 4.15	Grafik <i>Trajectory Duty Cycle</i> MPPT Yang Menggunakan Algoritma GWO Saat Radiasi Matahari Berubah Ubah dan Suhu 25°C.....	36
Gambar 4.16	Grafik <i>Trajectory Duty Cycle</i> MPPT Yang Menggunakan Algoritma IC Saat Radiasi Matahari Berubah Ubah dan Suhu 25°C .....	37
Gambar 4.17	<i>Output</i> Daya Menggunakan MPPT GWO Terhadap Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> dan Suhu yang Berubah Ubah.....	37
Gambar 4.18	<i>Output</i> Daya Menggunakan MPPT IC Terhadap Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> dan Suhu yang Berubah Ubah .....	38
Gambar 4.19	Grafik <i>Trajectory Duty Cycle</i> MPPT Yang Menggunakan Algoritma GWO Saat Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> dan Suhu Berubah Ubah .....	39
Gambar 4.20	Grafik <i>Trajectory Duty Cycle</i> MPPT Yang Menggunakan Algoritma IC Saat Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> dan Suhu Berubah Ubah .....	39

Gambar 4.21	<i>Input Output I-V-P Menggunakan MPPT GWO Terhadap Radiasi Matahari 1000 W/m<sup>2</sup> dan Suhu 25 °C .....</i>	40
Gambar 4.22	<i>Input Output I-V-P Menggunakan MPPT IC Terhadap Radiasi Matahari 1000 W/m<sup>2</sup> dan Suhu 25 °C .....</i>	41
Gambar 4.23	<i>Input Output I-V-P Menggunakan MPPT GWO Terhadap Radiasi Matahari yang Berubah Ubah dan Suhu 25 °C .....</i>	42
Gambar 4.24	<i>Input Output I-V-P Menggunakan MPPT IC Terhadap Radiasi Matahari yang Berubah Ubah dan Suhu 25 °C .....</i>	42
Gambar 4.25	<i>Input Output I-V-P Menggunakan MPPT GWO Terhadap Radiasi Matahari 1000 W/m<sup>2</sup> dan Suhu Berubah Ubah .....</i>	43
Gambar 4.26	<i>Input Output I-V-P Menggunakan MPPT IC Terhadap Radiasi Matahari 1000 W/m<sup>2</sup> dan Suhu Berubah Ubah .....</i>	44



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Karakteristik PV tipe ADT 24200 .....	14
Tabel 3.2 Nilai Parameter <i>Buck Converter</i> .....	18
Tabel 4.1 Perbandingan Daya Maksimal yang dihasilkan PV Pada Radiasi Matahari yang Berubah Ubah dan Suhu 25°C .....	27
Tabel 4.2 Perbandingan Daya Maksimal yang dihasilkan PV Pada Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> dan Suhu yang Berubah Ubah.....	28
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Perbandingan <i>Soft Switching Buck Converter</i> dan <i>Buck Converter</i> .....	31
Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Daya Masing – Masing MPPT pada suhu 25°C dan Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> .....	33
Tabel 4.5 Hasil Perbandingan Daya Masing – Masing MPPT pada Suhu 25°C dan Radiasi Matahari Berubah Ubah .....	36
Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Daya Masing – Masing MPPT Pada Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> dan Suhu Berubah Ubah.....	38
Tabel 4.7 Perbandingan <i>Input</i> dan <i>Output</i> Terhadap Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> dan Suhu 25 °C.....	41
Tabel 4.8 Perbandinga <i>Input Output</i> I-V-P Terhadap Radiasi Matahari yang Berubah Ubah dan Suhu 25 °C.....	43
Tabel 4.9 Perbandinga <i>Input Output</i> I-V-P Terhadap Radiasi Matahari 1000 W/m <sup>2</sup> dan Suhu Berubah Ubah .....	44

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. W. Priananda, R. Sulistyowati, and J. T. Elektro, "Analisis Dan Simulasi Metode Hill Climbing Untuk Maximum Power Point Tracker ( Mppt )," 2015, pp. 133–140.
- [2] M. W. Rahman, C. Bathina, V. Karthikeyan, and R. Prasanth, "Comparative analysis of developed incremental conductance (IC) and perturb & observe (P&O) MPPT algorithm for photovoltaic applications," *Proc. 10th Int. Conf. Intell. Syst. Control. ISCO 2016*, no. 1c, 2016.
- [3] A. Kumar, P. Chaudhary, and M. Rizwan, "Development of Fuzzy Logic based MPPT controller for PV system at varying meteorological parameters," *12th IEEE Int. Conf. Electron. Energy, Environ. Commun. Comput. Control (E3-C3), INDICON 2015*, 2016.
- [4] P. T. Sawant, P. C. Lbhattar, and C. L. Bhattar, "Enhancement of PV system based on artificial bee colony algorithm under dynamic conditions," *2016 IEEE Int. Conf. Recent Trends Electron. Inf. Commun. Technol.*, no. 1, pp. 1251–1255, 2016.
- [5] A. Ambikapathy, G. Singh, and A. Shrivastava, "Efficient soft-switching DC-DC converter for MPPT of a grid connected PV system," *Proceeding - IEEE Int. Conf. Comput. Commun. Autom. ICCCA 2016*, pp. 934–938, 2017.
- [6] Iw. Christopher and S. Assistant Professor, "Comparative Study of P&O and InC MPPT Algorithms," *Am. J. Eng. Res.*, vol. 2, no. 12, pp. 2320–847, 2013.
- [7] G. C. Diyoke, "ANALYSIS AND SIMULATION OF BUCK SWITCH MODE DC TO DC POWER REGULATOR," *Int. J. Tech. Res. Appl. e-ISSN 2320-8163*, vol. 3, no. 1, pp. 97–103, 2015.

- [8] I. Jamil, Z. Jinquan, and R. Jamil, "Analysis , Design and Implementation of Zero-Current-Switching Resonant Converter Dc-Dc Buck Converter," *Int. J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–12, 2013.
- [9] S. Mohanty, B. Subudhi, and P. K. Ray, "A grey wolf optimization based MPPT for PV system under changing insolation level," *2016 IEEE Students' Technol. Symp. TechSym 2016*, pp. 175–179, 2017.
- [10] S. Mohanty, B. Subudhi, and P. K. Ray, "A new MPPT design using grey Wolf optimization technique for photovoltaic system under partial shading conditions," *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 7, no. 1, pp. 181–188, 2016.
- [11] Hart, Danial W , "Introduction Power Electronics Circuits", Prentice-Hall Internastional, Inc. New Jersey, 1996.
- [12] William K.Francis, Prof.Shanifa Beevi S, and Prof.Johnson Mathew. "MATLAB/Simulink PV Module Model of P&O and DC Link CDC MPPT Algorithms with Labview Real Time Monitoring and Control Over P&O Technique". *International Journal of Advanced Research in Electrical. Electronics and Instrumentation Engineering* Vol. 3. Special Issue 5. December 2014.
- [13] Subandi and Slamet Hani. "Korelasi Suhu dan Intensitas Cahaya Terhadap Daya Pada Solar Cell". *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014*. ISSN: 1979-911X. Yogyakarta, 15 November 2014